



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>7</sup> : <b>G01V 3/24</b>	<b>A1</b>	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 00/08492</b> (43) Date de publication internationale: 17 février 2000 (17.02.00)
---	-----------	--

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/01958

(22) Date de dépôt international: 9 août 1999 (09.08.99)

(30) Données relatives à la priorité:  
98/10198 7 août 1998 (07.08.98) FR(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): LABO-  
RATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES  
[FR/FR]; 58, boulevard Lefebvre, F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): LAGABRIELLE,  
Richard [FR/FR]; 138, boulevard de la Liberté, F-44100  
Nantes (FR). LEROUX, Virginie [FR/FR]; 17, rue de la  
Bastille, F-44000 Nantes (FR). SORIN, Jean-Luc [FR/FR];  
21, rue du Plessis, F-44830 Brains (FR).(74) Mandataires: DRONNE, Guy etc.; Cabinet Beau De Loménie,  
158, rue de l'Université, F-75340 Paris Cedex 07 (FR).(81) Etats désignés: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,  
BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG,  
MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE,  
SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN,  
YU, ZA, ZW, brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, SD,  
SL, SZ, UG, ZW), brevet eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ,  
MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE,  
DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE),  
brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML,  
MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée

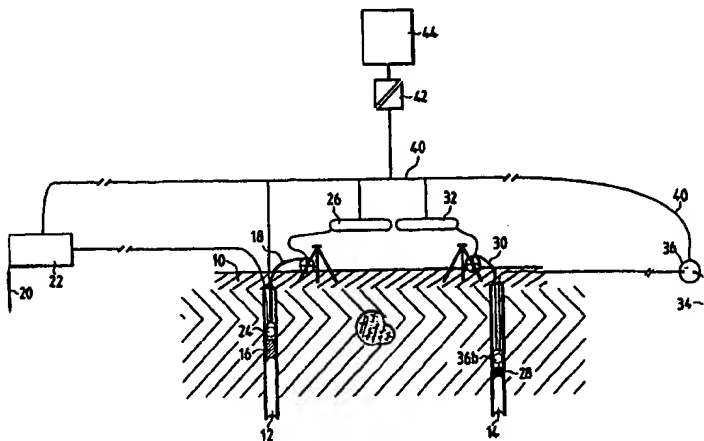
Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: DEVICE WITH CAPACITIVE ELECTRODES FOR MEASURING SUBSURFACE ELECTRIC CHARACTERISTICS

(54) Titre: DISPOSITIF DE MESURE DES CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES DANS LE SOUS-SOL A ELECTRODES  
CAPACITIVES

## (57) Abstract

The invention concerns a electrical prospecting device in a borehole with capacitive electrodes comprising at least two injection electrodes (16, 20), at least two measuring electrodes (28, 34) and a current generator (22) for applying an electric current between the two injection electrodes. The current generator (22) delivers an alternating current whereof the frequency ranges from 5 kHz to 100 kHz under a voltage less than 1000 volts. At least one of the measuring or injection electrodes (16, 28) is arranged in a borehole (12, 14) and has an electricity conducting cylindrical outer surface. The device further comprises means (24) for measuring the intensity of the current passing through said injection electrodes, means for measuring the difference of potential between the two measuring electrodes (36, 36b), and means for processing the intensity measurements and the potential difference to deduce therefrom the characteristics of the subsurface where the borehole is located.



(57) Abrégé

L'invention concerne un dispositif de prospection électrique en forage à électrodes capacitives comprenant au moins deux électrodes d'injection (16, 20), au moins deux électrodes de mesure (28, 34) et un générateur de courant (22) pour appliquer un courant électrique entre deux électrodes d'injection. Le générateur de courant (22) délivre un courant alternatif dont la fréquence est de 5 kHz à 100 kHz sous une tension inférieure à 1000 volts. Au moins une des électrodes de mesure ou d'injection (16, 28) est disposée dans un forage (12, 14) et présente une surface externe cylindrique et conductrice de l'électricité. Le dispositif comprend en outre des moyens (24) pour mesurer l'intensité du courant traversant lesdites électrodes d'injection, des moyens pour mesurer la différence de potentiel entre les électrodes de mesure (36, 36b), et des moyens pour traiter les mesures d'intensité et de différence de potentiel pour en déduire des caractéristiques du sous-sol dans lequel est situé le forage.

**UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	B Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

Dispositif de mesure des caractéristiques électriques dans le sous-sol  
à électrodes capacitives.

La présente invention a pour objet un dispositif de mesure des caractéristiques électriques dans le sous-sol à électrodes capacitives.

Les techniques de prospection électrique par courant continu ont montré depuis longtemps leur efficacité pour la prospection et la reconnaissance du sous-sol. Ces méthodes n'ont cessé de se développer pour la reconnaissance à partir de la surface du sol. En ce qui concerne la mise en oeuvre dans des forages, ces techniques ont pris les noms de diagraphie électrique, tomographie électrique, cylindre électrique ... Quelle que soit la technique particulière utilisée, elle est toujours fondée sur l'utilisation d'au moins quatre électrodes : deux électrodes (dites d'injection ou de courant) servant à injecter un courant d'intensité  $I$  dans le sol, deux autres électrodes (dites de mesure ou de potentiel) entre lesquelles on mesure la différence de potentiel qui en résulte. C'est la géométrie du quadripôle constitué par ces quatre électrodes et leur positionnement à la surface du sol et/ou dans un ou des forages qui détermine le nom de la technique particulière.

Dans ces techniques de mesures électriques on désire reconnaître le sous-sol sur quelques dizaines de mètres d'épaisseur au maximum ; pour cela, on perce des forages. Le terrain est souvent hétérogène, altéré, et les forages doivent être tubés. En outre, ils sont souvent au moins en partie au-dessus du niveau de la nappe phréatique et ne contiennent alors pas d'eau. Par ailleurs ils ne comportent pas toujours un fluide conducteur de l'électricité.

En d'autres termes, dans ces situations, il n'est pas possible d'établir par couplage conducteur une continuité du circuit électrique entre les différentes électrodes utilisées et le sous-sol dans lequel on veut effectuer ces mesures.

Un objet de la présente invention est de fournir un dispositif de mesure des caractéristiques électriques du sous-sol à partir d'un forage, dispositif qui puisse être utilisé en particulier lorsqu'aucun moyen n'est disponible pour assurer la continuité électrique par conduction entre la ou les électrodes disposées dans le ou les forages et le sous-sol pour lequel on veut effectuer les mesures.

Pour atteindre ce but, selon l'invention, le dispositif de prospection électrique en forage à électrodes capacitives qui comprend au moins deux électrodes d'injection et un générateur de courant pour injecter à travers elles le courant dans le sol, ainsi que deux électrodes de mesure et des moyens pour mesurer la différence de potentiel entre elles, se caractérise en ce que :

- ledit générateur de courant délivre un courant alternatif dont la fréquence est de préférence comprise entre 5 et 100 kHz sous une tension inférieure à 1000 volts,

- au moins une des quatre électrodes est destinée à être disposée dans un forage et présente une surface externe sensiblement cylindrique et conductrice de l'électricité,

et en ce qu'il comprend en outre :

- des moyens pour mesurer l'intensité traversant les électrodes d'injection
- des moyens pour mesurer la différence de potentiel entre les électrodes de

mesure, et

- des moyens pour traiter ladite mesure d'intensité et ladite mesure de différence de potentiel pour en déduire les caractéristiques électriques du sous-sol dans lequel est situé le forage.

On comprend que grâce aux dispositions de l'invention on établit effectivement un couplage ohmique entre la ou les électrodes disposées dans le ou les forages et le sous-sol dans lequel on veut effectuer les mesures, bien qu'aucun moyen ne permet d'assurer par conduction la continuité électrique entre les électrodes et le sous-sol.

Ce couplage présente une qualité suffisante pour que les mesures effectuées soient exploitables pour la reconnaissance des caractéristiques électriques du sous-sol à prospecter.

Selon un mode de réalisation préféré au moins une desdites électrodes d'injection est destinée à être placée en forage. Elle est alors sensiblement cylindrique et comporte une surface externe conductrice de l'électricité.

Selon un autre mode préféré de mise en oeuvre le dispositif de mesure d'intensité du courant injecté et l'électrode d'injection sont montés sur un même composant qui est destiné à être placé dans le forage dans la ou les positions souhaitées, selon les mesures à effectuer.

On comprend que grâce à cette disposition, la mesure de l'intensité du courant injecté peut être réalisée avec une grande précision, ce qui facilite l'interprétation des résultats.

Selon une autre caractéristique préférée, au moins une desdites électrodes de mesure est destinée à être disposée dans un forage. Elle est alors sensiblement cylindrique et comporte une surface externe conductrice de l'électricité et est solidaire d'une partie du dispositif de mesure de tension.

Cette disposition permet d'améliorer la précision de la mesure de la différence de potentiel entre les deux électrodes de mesure.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit de plusieurs modes de réalisation préférés de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs. La description se

5 réfère aux figures annexées sur lesquelles :

la figure 1 est une vue simplifiée d'un premier mode de réalisation du dispositif de mesure par couplage capacitif ;

les figures 2, 3, 4, 5, 6 et 7 illustrent de façon simplifiée d'autres possibilités

10 de configuration des électrodes d'injection et de potentiel

la figure 8 est une vue en perspective d'un mode préféré de réalisation d'une électrode destinée à être placée dans un forage

la figure 9 est une vue en coupe verticale de l'électrode de la figure 8.

En se référant tout d'abord à la figure 1 on va décrire l'ensemble du

15 dispositif de mesure selon un premier mode de mise en oeuvre où une électrode de mesure et une électrode d'injection sont disposées dans deux forages.

On va décrire en se référant à cette figure 1 l'ensemble d'un premier mode de réalisation du dispositif de mesure selon l'invention.

On y a représenté la surface 10 du sol où ont été percés deux forages 12 et

20 14 dans la zone dont on veut déterminer les caractéristiques électriques. L'installation comprend tout d'abord une électrode d'injection 16 qui est disposée dans le premier forage 12 et suspendue à un câble 18. La deuxième électrode d'injection est constituée par un piquet métallique 20 enfoncé dans le sol et dont la distance par rapport au forage 12 peut être considérée comme infinie au sens

25 électrique du terme. Les électrodes d'injection 16 et 20 sont reliées à un générateur de courant alternatif 22. A l'électrode d'injection 16 disposée dans le forage 12 est associé un appareil de mesure de l'intensité du courant 24. Le câble de sustentation 18 comporte en outre de préférence des conducteurs électriques d'une part pour relier l'électrode au générateur 22 et d'autre part pour relier le système de mesure

30 d'intensité au système de contrôle de l'ensemble de l'installation. De plus, un dispositif 26 permet de connaître la position de l'électrode 16 dans le forage 12.

Dans le forage 14 est disposée une première électrode de mesure 28 qui est également suspendue à l'extrémité d'un câble 30 associé à des moyens 32 de mesure de la position de l'électrode 28 dans le forage 14. Une deuxième électrode

35 de mesure 34 est constituée par un piquet métallique fiché dans le sol à une distance telle qu'on peut la considérer comme infinie d'un point de vue électrique.

Un voltmètre ou un dispositif analogue 36 permet de mesurer la différence de potentiel électrique entre les électrodes de mesure 28 et 34. Il peut comporter une partie 36b emmenée avec l'électrode 28 dans le forage 14.

Un bus de communication 40 permet de relier le générateur de courant 22, les dispositifs 26 et 32 de mesure de profondeur des électrodes et le voltmètre 36 à un circuit d'interface 42. Le circuit d'interface 42 permet donc de relier chacune des parties mentionnées à une installation centrale de gestion de l'ensemble qui peut être avantageusement constituée par un microordinateur 44.

Comme on l'a déjà indiqué, dans le cas de l'invention les forages 12 et 14 sont par exemple tubés avec un matériau non conducteur tel qu'un matériau plastique ou bien ces forages 12 et 14 ne sont remplis par aucun fluide conducteur de l'électricité.

Comme on l'a déjà indiqué également, selon l'invention, le couplage entre les électrodes 16, 20, 28, 34 et le sous-sol dans lequel on veut effectuer des mesures est de type capacitif, au moins en ce qui concerne les électrodes 16 et 28. Pour pouvoir effectuer les mesures dans des conditions optimales, le générateur de courant à fréquence commandable est associé à un amplificateur qui permet d'adapter la tension de sortie.

Comme on l'expliquera plus en détail ultérieurement, les électrodes 16 et 28 disposées dans les forages 12 et 14 ont une forme sensiblement cylindrique et leur face externe est constituée d'un matériau conducteur de l'électricité. On leur donne des dimensions convenables pour optimiser le couplage capacitif entre ces électrodes et le sous-sol.

Grâce à la mesure, d'une part, de la différence de potentiel électrique  $V$  entre les électrodes 28 et 34, et d'autre part du courant  $I$  effectivement injecté par les électrodes 16 et 20, on peut en déduire une mesure d'impédance de transfert  $Z = \frac{V}{I}$ , qui dépend des propriétés électriques du sous-sol et de la disposition géométrique des électrodes. Ce traitement peut être effectué par le dispositif central 44.

En se référant maintenant aux figures 8 et 9 on va décrire un mode préféré de réalisation des électrodes capacitives de l'invention. Ces électrodes destinées à être introduites dans des forages ont sensiblement la forme d'un cylindre 80 de longueur  $L$  et de diamètre  $D$ . Elles sont recouvertes d'un matériau conducteur, de forme donc également sensiblement cylindrique. Elles sont surmontées d'un compartiment 81 contenant un instrument de mesure 91 relié électriquement à la surface externe conductrice de l'électrode. Cet appareil de mesure 91 sera un

ampèremètre dans le cas où le cylindre 80 constitue une électrode d'injection, il sera un voltmètre dans le cas où le cylindre est une électrode de mesure. Bien entendu l'appareil de mesure 91 est relié à des bornes 92, elles-mêmes reliées à des conducteurs externes qui permettent de remonter les mesures effectuées par l'appareil 91 vers le bus 40 et donc vers le dispositif de traitement 44.

Le diamètre D des électrodes est adapté au diamètre du forage et leur longueur L est adaptée en conséquence pour que leur impédance de prise permette d'injecter l'intensité voulue. La longueur L des électrodes de courant ou de potentiel pourra aller jusqu'à un mètre, voire plus, et leur diamètre sera compris entre quelques centimètres et une quinzaine de centimètres. En ce qui concerne le diamètre, il doit bien sûr être inférieur au diamètre du forage, sans toutefois l'être trop afin que le couplage capacitif soit de bonne qualité.

Dans un mode préféré de mise en oeuvre, la différence de potentiel entre les deux électrodes de potentiel sera mesurée par un dispositif en deux parties : d'une part une tête à très haute impédance d'entrée disposée à proximité de l'électrode capacitive en forage, d'autre part un voltmètre permettant la mesure par comparaison à la référence qu'est le potentiel de l'autre électrode très éloignée, ainsi que la compensation des pertes capacitives le long des câbles de mesure.

Dans les cas d'utilisation où les deux électrodes de potentiel sont proches, le dispositif de mesure de la différence de potentiel entre les deux électrodes de mesure décrit précédemment pourra être rassemblé en un seul appareil.

De préférence, la fréquence du courant est de une à plusieurs dizaines de kHz, et la tension délivrée de plusieurs centaines de volts.

On peut utiliser ce dispositif à électrodes capacitives de forage selon un grand nombre de géométries. Bien entendu dans tous les cas les électrodes de forage peuvent être mobiles.

Les figures 2 à 7 illustrent différentes configurations possibles pour les électrodes de mesure et les électrodes d'injection.

La figure 2 correspond à la figure 1 et montre que les électrodes d'injection et 28 de mesure peuvent être déplacées dans les forages 12 et 14 pour effectuer différentes mesures. On a une configuration pôle-pôle entre forages.

Dans le cas de la figure 3, on peut effectuer des mesures entre les électrodes d'injection 16 et de mesure 28 disposées dans des forages ou entre l'électrode 16 et les électrodes de mesure constituées par les piquets métalliques 50-51-52 etc.

Dans le cas de la figure 4, une électrode d'injection 16 et une électrode de mesure 28 sont disposées dans un même forage 12. Les autres électrodes sont constituées par des piquets 60 et 61. Cette configuration correspond à une mesure pôle-pôle dans un forage (ou diagraphie pôle-pôle si l'écartement entre les deux électrodes est fixe).

Dans le cas de la figure 5, les deux électrodes d'injection 62 et 63 peuvent être déplacées séparément ou ensemble dans un forage 64, par exemple horizontal. Les électrodes de mesure sont constituées, d'une part, par un piquet conducteur 65 infiniment éloigné et, d'autre part, par une série de piquets métalliques 66 plantés dans le sol. On mesure la différence de potentiel à un des piquets 66. Pour chaque position des électrodes d'injection, on obtient autant de mesures qu'il y a de piquets 66.

Dans le cas de la figure 6, une électrode d'injection 16 est descendue dans le forage ainsi qu'une électrode de mesure 28. Le courant est injecté au moyen de l'électrode 16 et d'un piquet 67 planté dans le sol à une distance non infinie au sens électrique du terme du forage. On mesure la différence de potentiel entre l'électrode 28 et un piquet 68 planté à la surface du sol à une distance non infinie au sens électrique du terme du forage.

Dans le cas de la figure 7, les quatre électrodes 70, 71, 72 et 73 sont placées en forage. Un courant est injecté à travers les électrodes 70 et 71. On mesure la différence de potentiel entre les électrodes 72 et 73. Les mesures peuvent être alors par exemple de type dipôle-dipôle en forage ou suivant d'autres géométries du quadripôle, à écartements d'électrodes multiples. Si l'écartement entre les électrodes est fixé, on peut réaliser des diagraphies électriques. Il est encore possible de prévoir que, seule une électrode de mesure soit disposée dans le forage, les électrodes d'injection et l'autre ou les autres électrodes de mesure étant disposées en surface.

De préférence, la partie instrumentée des électrodes de forage peut s'en détacher, et par suite, s'adapter à des électrodes de tailles et formes diverses choisies selon le forage où elles doivent être mises en oeuvre.



## REVENDECATIONS

1. Dispositif de prospection électrique en forage à électrodes capacitives  
5 comprenant au moins deux électrodes d'injection, au moins deux électrodes de mesure, un générateur de courant pour appliquer un courant électrique entre deux électrodes d'injection et des moyens pour mesurer la différence de potentiel entre deux électrodes de mesure caractérisé en ce que :

- ledit générateur de courant (22) délivre un courant alternatif dont la  
10 fréquence est de 5 kHz à 100 kHz sous une tension inférieure à 1000 volts
- au moins une des électrodes de mesure (28) ou d'injection (16) est destinée à être disposée dans un forage (12, 14) et présente une surface externe sensiblement cylindrique et conductrice de l'électricité (80),
- des moyens (24) pour mesurer l'intensité du courant traversant lesdites  
15 électrodes d'injection,
- des moyens (26) pour mesurer la différence de potentiel entre lesdites électrodes de mesure, et
- des moyens (44) pour traiter ladite mesure d'intensité et ladite mesure de différence de potentiel pour en déduire des caractéristiques du sous-sol dans lequel  
20 est situé le forage.

2. Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que ladite électrode d'injection sensiblement cylindrique et un dispositif de mesure d'intensité (24) sont montés sur un même composant destiné à être placé en forage.

3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 et 2 caractérisé en  
25 ce que ladite électrode de mesure sensiblement cylindrique (80) présente une surface externe conductrice de l'électricité, et qu'elle est montée sur le même composant qu'une partie du dispositif de mesure de tension (36b), ce composant étant destiné à être placé en forage.

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que les moyens de  
30 mesure de différence de potentiel comprennent en outre une deuxième partie (36) permettant de comparer les potentiels des deux électrodes de mesure (28, 34) et de compenser les pertes dans les câbles les reliant, et des moyens de traitement des tensions mesurées.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé  
35 en ce qu'une deuxième électrode de mesure (73) est destinée à être placée en forage, en ce que ladite électrode est cylindrique et présente une surface externe

conductrice de l'électricité, et en ce que ladite deuxième électrode de mesure et ledit deuxième dispositif de mesure de tension sont montés sur un même composant destiné à être placé en forage.

5 6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend une deuxième électrode d'injection (71) destinée à être placée dans un forage, en ce que ladite deuxième électrode d'injection est sensiblement cylindrique et présente une surface externe conductrice de l'électricité, au moins la partie "amplificateur" du générateur de courant étant montée sur un même composant que l'électrode d'injection, composant destiné à être placé en forage.

10 7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'au moins une desdites électrodes (16, 28) est mobile dans au moins un des forages (12, 14) et en ce que ledit dispositif comprend en outre des moyens (26, 32) pour mesurer la position de chaque électrode mobile dans un forage.

15 8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 et selon lequel la partie instrumentée des électrodes de forage peut s'en détacher, et par suite, s'adapter à des électrodes de tailles et formes diverses choisies selon le forage où elles doivent être mises en oeuvre.

1/3

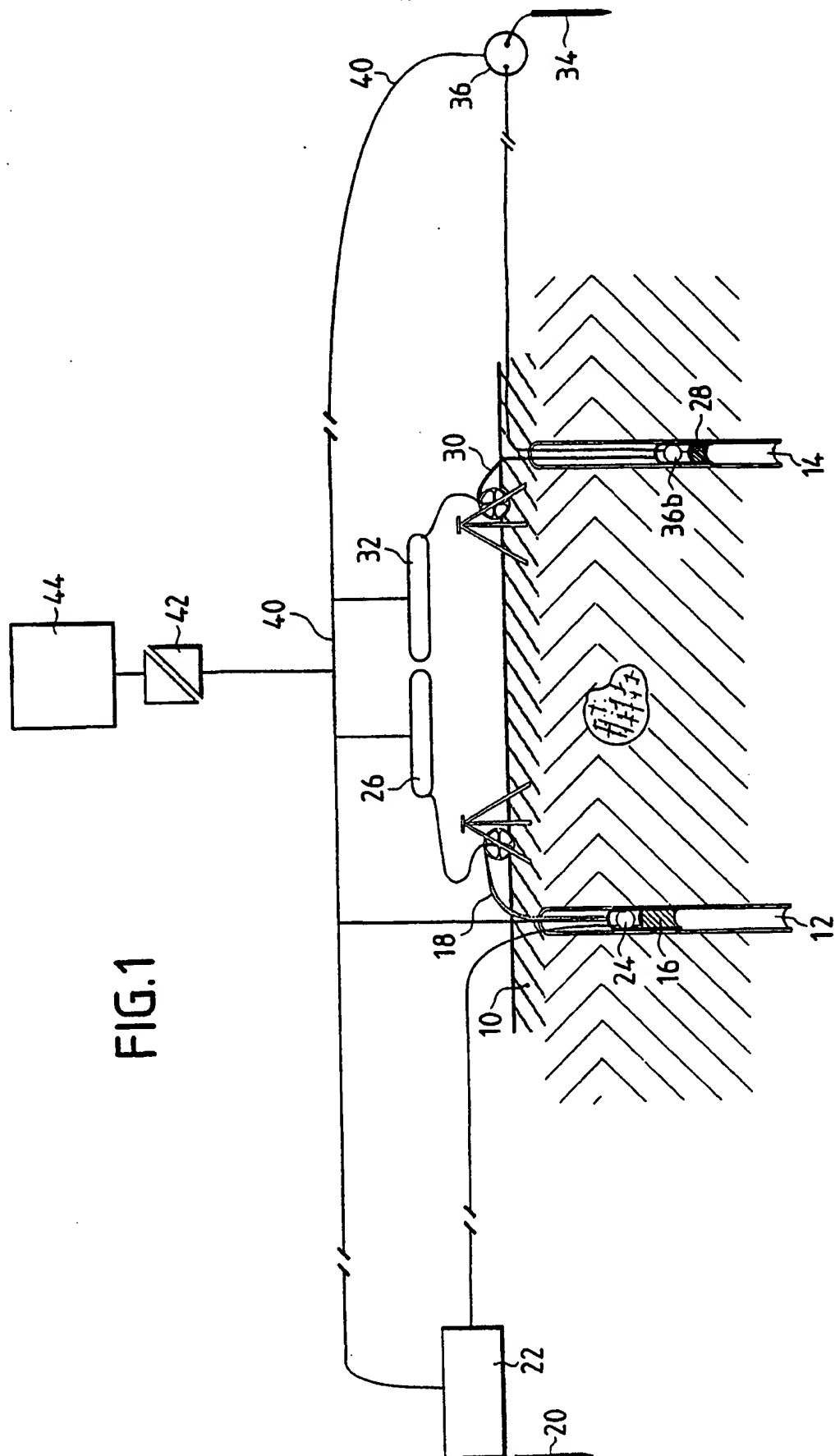


FIG.1

2/3

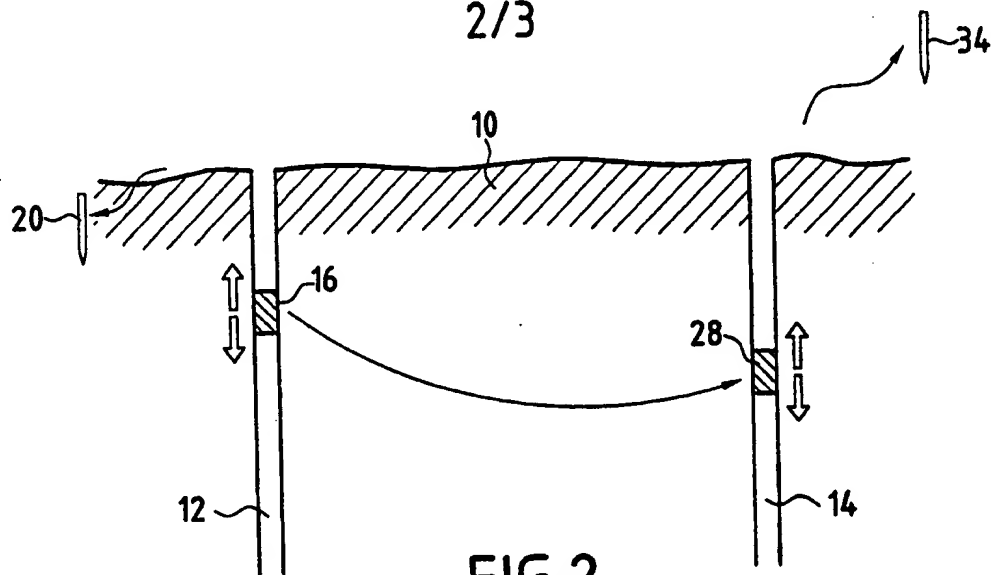


FIG. 2

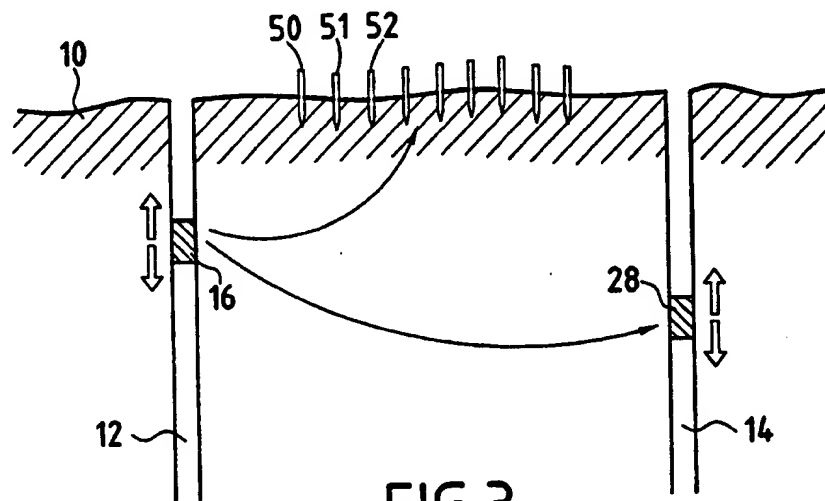


FIG. 3

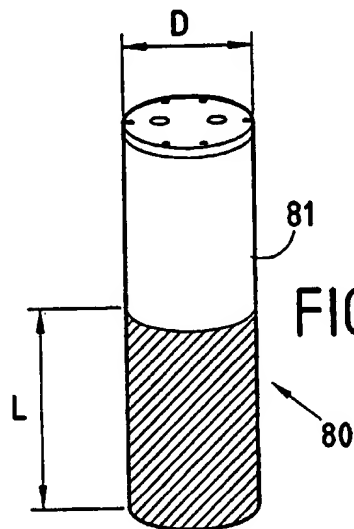


FIG. 8

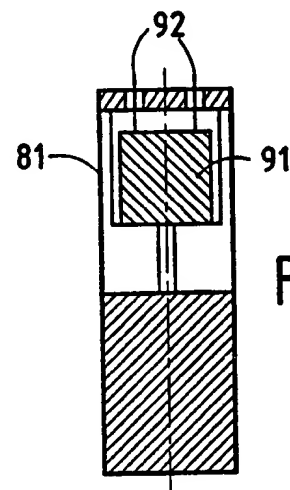


FIG. 9

3/3

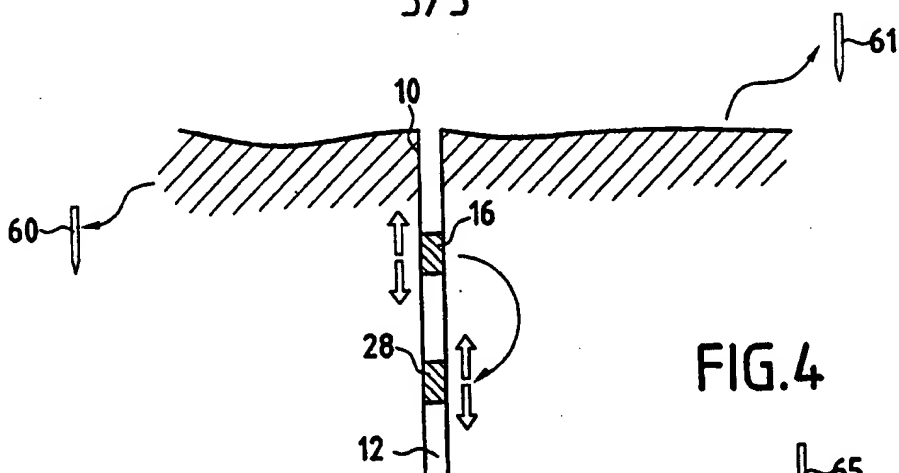


FIG. 4

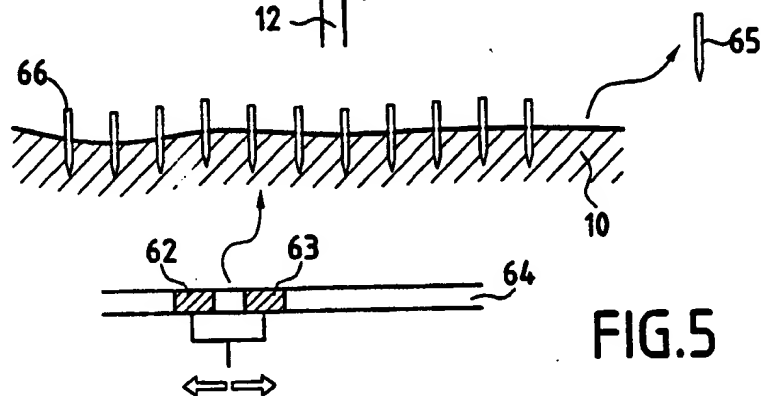


FIG. 5

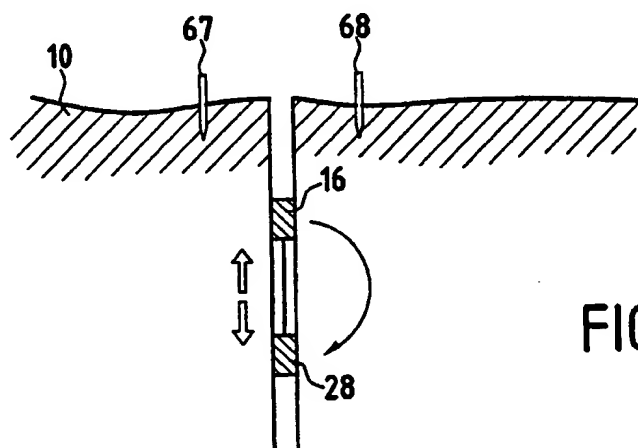


FIG. 6

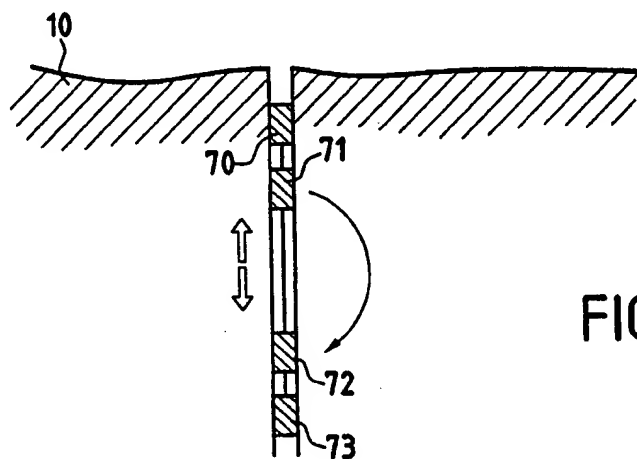


FIG. 7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 99/01958

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01V3/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01V

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>US 3 973 181 A (CALVERT THOMAS J)  3 August 1976 (1976-08-03)  column 1, line 1 - line 39  column 2, line 40 - line 44  column 4, line 10 - line 25  column 4, line 59 - column 5, line 21;  figure 5  column 5, line 58 - line 60; claim 1  ---  -/--</p>	1-3,6,7



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 November 1999

Date of mailing of the international search report

08/11/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lorne, B

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 99/01958

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>IRENE CARSWELL PEDEN, JAMES C. ROGERS:                      "An Experiment for Determining the VLF                      Permittivity of Deep Antarctic Ice"                      IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE                      ELECTRONICS,                      vol. ge-9, no. 4,                      4 October 1971 (1971-10-04), pages                      224-233, XP002100759                      page 227, column 1, line 45 -page 230,                      column 1, line 21</p> <p>---</p>	1-7
A	<p>US 3 967 190 A (ZONGE KENNETH L)                      29 June 1976 (1976-06-29)                      column 6, line 20 - line 66; claim 1;                      figure 3</p> <p>---</p>	1
A	<p>WO 92 13286 A (SOERENSEN KURT I)                      6 August 1992 (1992-08-06)                      page 1, line 13 - line 29; figure 2                      page 5, line 8 - line 22</p> <p>---</p>	1
A	<p>US 5 387 869 A (ENOMOTO YUJI)                      7 February 1995 (1995-02-07)                      column 4, line 4 -column 5, line 3; figure                      1</p> <p>-----</p>	3,5,6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 99/01958

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3973181 A	03-08-1976	NONE	
US 3967190 A	29-06-1976	CA 1040709 A CA 1055118 A	17-10-1978 22-05-1979
WO 9213286 A	06-08-1992	AT 135115 T AU 1229092 A DE 69208867 D EP 0568612 A US 5587659 A	15-03-1996 27-08-1992 11-04-1996 10-11-1993 24-12-1996
US 5387869 A	07-02-1995	JP 1991520 C JP 5232243 A JP 7011577 B	22-11-1995 07-09-1993 08-02-1995



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Des. de internationale No

PCT/FR 99/01958

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 G01V3/24

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G01V

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>US 3 973 181 A (CALVERT THOMAS J) 3 août 1976 (1976-08-03) colonne 1, ligne 1 - ligne 39 colonne 2, ligne 40 - ligne 44 colonne 4, ligne 10 - ligne 25 colonne 4, ligne 59 - colonne 5, ligne 21; figure 5 colonne 5, ligne 58 - ligne 60; revendication 1</p> <p style="text-align: center;">--- -/--</p>	1-3,6,7



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

2 novembre 1999

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

08/11/1999

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Lorne, B

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Des. de Internationale No

PCT/FR 99/01958

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>IRENE CARSWELL PEDEN, JAMES C. ROGERS:                      "An Experiment for Determining the VLF                      Permittivity of Deep Antarctic Ice"                      IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE                      ELECTRONICS,                      vol. ge-9, no. 4,                      4 octobre 1971 (1971-10-04), pages                      224-233, XP002100759                      page 227, colonne 1, ligne 45 -page 230,                      colonne 1, ligne 21</p> <p style="text-align: center;">----</p>	1-7
A	<p>US 3 967 190 A (ZONGE KENNETH L)                      29 juin 1976 (1976-06-29)                      colonne 6, ligne 20 - ligne 66;                      revendication 1; figure 3</p> <p style="text-align: center;">----</p>	1
A	<p>WO 92 13286 A (SOERENSEN KURT I)                      6 août 1992 (1992-08-06)                      page 1, ligne 13 - ligne 29; figure 2                      page 5, ligne 8 - ligne 22</p> <p style="text-align: center;">----</p>	1
A	<p>US 5 387 869 A (ENOMOTO YUJI)                      7 février 1995 (1995-02-07)                      colonne 4, ligne 4 -colonne 5, ligne 3;                      figure 1</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	3,5,6

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Den. de Internationale No

PCT/FR 99/01958

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3973181 A	03-08-1976	AUCUN	
US 3967190 A	29-06-1976	CA 1040709 A CA 1055118 A	17-10-1978 22-05-1979
WO 9213286 A	06-08-1992	AT 135115 T AU 1229092 A DE 69208867 D EP 0568612 A US 5587659 A	15-03-1996 27-08-1992 11-04-1996 10-11-1993 24-12-1996
US 5387869 A	07-02-1995	JP 1991520 C JP 5232243 A JP 7011577 B	22-11-1995 07-09-1993 08-02-1995